

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschritt**

(10) **DE 196 39 861 A 1**

(51) Int. Cl. 6:

**A 61 N 5/10**

G 21 K 1/02

**DE 196 39 861 A 1**

(21) Aktenzeichen: 196 39 861.4  
(22) Anmeldetag: 27. 9. 96  
(43) Offenlegungstag: 10. 4. 97

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)

28.09.95 DE 195361881

(71) Anmelder:

BrainLAB Med. Computersysteme GmbH, 85551  
Kirchheim, DE

(74) Vertreter:

Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

(72) Erfinder:

Vilsmeier, Stefan, 85586 Poing, DE; Birkenbach,  
Rainer, 85586 Poing, DE; Bertram, Michael, 85551  
Heimstetten, DE; Doyle, Joseph, 80805 München,  
DE; Graf, Ueli, Mettmenstetten, CH

(54) Lamellenkollimator für die Strahlentherapie

(57) Die Erfindung betrifft einen Lamellenkollimator für die Strahlentherapie mit zwei gegenüberliegenden Paketen von einzeln verschiebbaren Lamellen, und einer Einrichtung zum Tragen der Lamellen, bei dem die Breite der nebeneinander liegenden Lamellen senkrecht zur Verschieberichtung variiert. Weiterhin betrifft sie eine Verbindung der Lamellen mit einer sekundären Positionsbestimmungseinrichtung sowie eine Lamellen-Querschnittsausgestaltung und eine Motorenanordnung.

**DE 196 39 861 A 1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 97 702 015/524

Die Erfindung betrifft einen Lamellenkollimator für die Strahlentherapie der im Oberbegriff des Anspruchs 1 beschriebenen Gattung.

Lamellenkollimatoren werden als Zubehör für Linearbeschleuniger insbesondere zur Bestrahlung von Tumoren eingesetzt. Zur Begrenzung des Strahlfeldes, zum Schutz von vitalem Gewebe vor den Strahlen wurden sie entwickelt, um die herkömmlicherweise eingesetzten, für jeden Tumor einzeln gegossenen Abschirmblöcke zu ersetzen, deren Herstellung sich aufwendig gestaltet. Obwohl diese für einzelne Tumore gegossenen Abschirmblöcke naturgemäß eine sehr gute Anpassung an die Tumorformen erlauben, war es wünschenswert, mittels der Lamellenkollimatoren relativ anpassungsfähige, wiederverwendbare, für eine Reihe von Tumorformen geeignete Strahlungsfeldbegrenzungseinrichtungen zu schaffen und einzusetzen.

Grundsätzlich weisen Lamellenkollimatoren zwei einander gegenüberliegende Pakete einzeln verschiebbarer Lamellen auf, die mit ihren Stirnseiten so aufeinander zu geschoben werden, daß sie in dem zwischen den Stirnseiten frei bleibenden Bereich die Kontur des zu behandelnden Tumors relativ gut nachzeichnen. Die Verschiebung kann per Hand, elektrisch gesteuert oder mechanisch mittels Federmechanismen erfolgen.

Nach dem Stand der Technik sind zwei grundlegende Kategorien von Lamellenkollimatoren bekannt. Bei der ersten Kategorie werden zur Behandlung größerer Tumore relativ breite Lamellen eingesetzt, die oftmals aus Wolfram bestehen. Die Breite dieser Lamellen beträgt für solche Kollimatoren 6 mm bis 1 cm, wodurch große Felder mit einer größten Breite von bis zu 60 cm bestrahlt werden können.

Die Stirnseiten der Lamellen sind rechteckig ausgestaltet. Hierdurch entsteht bei solchen breitlamelligen Kollimatoren das Problem, daß beim Anfahren dieser Stirnseiten an die Kontur des Tumors nur eine sehr ungenügende Anpassung an die Tumorform stattfinden kann. Fährt man die Lamellenstirnseiten nämlich bis zum ersten Berührungs punkt mit der Tumorkontur an diese heran, so verbleiben aufgrund des entstehenden Treppenmusters relativ große Flächen, durch die die Strahlung vitales Gewebe treffen und schädigen kann. Dies ist insbesondere bei Gehirnbehandlungen sehr problematisch. Beim Heranfahren der Lamellen auf eine solche Weise, daß kein vitales Gewebe mehr für die Bestrahlung freileigt, entsteht andererseits das Problem, daß die "Treppenabsätze", die durch die Stirnseiten der Lamellen gebildet werden, Teile des Tumors abdecken, welche dann nicht behandelt werden können.

Weiterhin ist die Streuung der Strahlung bei solchen Kollimatoren hoch; der Dosisgradient wird klein. Insgesamt läßt sich feststellen, daß die oben beschriebenen Kollimatoren mit breiten Lamellen zwar für den Einsatz bei großen zu bestrahlenden Feldern verwendet werden können, die Anpassung an die Form des zu bestrahlenden Objektes jedoch nur unzureichend vorgenommen werden kann.

Um dieses Problem zu lösen, wurde eine zweite Kategorie von Lamellenkollimatoren entwickelt, die sehr schmale Lamellen verwenden. Solche Lamellen, die bis zu 1 mm schmal sind, erlauben grundsätzlich eine gute Anpassung der Strahlungsfeldbegrenzung an die Tumorkontur. Es sind jedoch auch mit dieser Ausführungsform gewichtige Nachteile verbunden, welche insbesondere die Größe des bestrahlbaren Feldes betreffen.

Die Anzahl der Lamellen, die verwendet werden können, ist begrenzt. Dies liegt daran, daß jede Lamelle einzeln mechanisch verschiebbar sein muß, wodurch generell für jede Lamelle eine Betätigungs- und Verschiebeeinrichtung zur Verfügung stehen sollte. Diese Verschiebeeinrichtungen, zu denen beispielsweise auch Elektromotoren gehören, müssen sämtlich am Kollimator bzw. auf dessen Träger befestigt werden, so daß hier eine Begrenzung der Anzahl der Lamellen nach oben 10 deshalb stattfinden muß, weil bei einer zu großen Anzahl der Kollimator mit seinen Träger- und Betätigungs einrichtungen zu groß und zu schwer würde.

Eine begrenzte Anzahl von Lamellen führt jedoch bei deren geringer Breite dazu, daß mit einem solchen Kollimator nur sehr kleine Felder bestrahlt werden können. Trotz der relativ guten Anpassung ist ein solcher Kollimator deshalb auf ein relativ kleines Anwendungsbereich, nämlich z. B. die Bestrahlung kleiner Tumore, beschränkt.

Aus der europäischen Patentschrift Nr. 0 245 768 ist ein Konturenkollimator für die Strahlentherapie bekannt. Hier wird eine vorteilhafte Einstellvorrichtung für die Lamellen beschrieben. Ein weiterer Konturenkollimator ist aus der deutschen Patentschrift Nr. 42 03 610 bekannt, wobei dieser einen Federmechanismus und eine Rückstellvorrichtung für die Lamellen aufweist. Auch diese beiden Kollimatoren aus dem Stand der Technik arbeiten mit Lamellen einheitlicher Breite, d. h. die oben beschriebenen Probleme für schmale oder breite Lamellen treten auch hier auf.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Lamellenkollimator für die Strahlentherapie zur Verfügung zu stellen, der die oben genannten Probleme löst. Insbesondere soll ein Lamellenkollimator vorgeschlagen werden, der bei einer guten Anpassung an die Kontur des zu bestrahlenden Objektes die Bestrahlung relativ großer Felder ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch einen Lamellenkollimator gelöst, der gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 ausgestaltet ist.

Die Unteransprüche beschreiben bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Lamellenkollimators.

Der Vorteil des Einsatz von Lamellen mit unterschiedlicher Breite innerhalb eines Lamellenfeldes des Kollimators liegt insbesondere darin, daß grundsätzlich an den Stellen, wo eine genaue Anpassung an die zu bestrahlende Kontur vorgenommen werden muß, diese mit schmalen Lamellen ermöglicht werden kann, während der Einsatz breiterer Lamellen an Stellen, wo die Anpassung mit diesen ausreichend vorgenommen werden kann, möglich wird. Diese Stellen sind z. B. relativ geradlinige Konturen von Tumoren, an die sich breite Lamellen längsseitig mit guter Anpassung anlegen können. Durch den Einsatz sowohl schmaler als auch breiter Lamellen wird es möglich, bei einer üblichen Lamellenanzahl relativ große Felder zu bestrahlen, während die Anpassung an schwierigen Stellen durch die schmalen Lamellen auf vorteilhafte Weise genau vorgenommen werden kann. Damit wird sichergestellt, daß krankes Gewebe vollständig bestrahlt wird, während vitales Gewebe unbestrahlt und damit ohne Schädigung bleibt. Es werden also die Vorteile der im Stand der Technik bekannten Lamellenkollimatoren wirksam, d. h. die gute Anpassungsfähigkeit der schmalen Lamellen und die ausreichende Bestrahlungsfeldgröße der breiten Lamellen, während die oben beschriebene Nachteile ausgeglichen werden.

Ein erfindungsgemäßer Lamellenkollimator läßt sich auf mehrere vorteilhafte Arten ausgestalten.

Bei einer Ausführungsform sind mehrere nebeneinanderliegende Lamellen als Sätze mit gleicher Breite ausgestaltet. Diese Anordnung ist dann von besonderem Vorteil, wenn zu bestrahrende Objekte vorliegen, deren Kontur an zumindest einer Stelle konzentriert unregelmäßig und an anderen Stellen eher regelmäßig verläuft, so daß die schmaleren Lamellen satzweise die unregelmäßige Stelle abdecken können, während die größeren Lamellen satzweise regelmäßig geformte Konturen umschließen.

Als vorteilhaft erweist sich weiterhin eine Ausführung, bei der die Breite der Lamellen im Kollimator von innen nach außen zunimmt. Viele Tumore weisen eine Form auf, bei der in der Nähe des Zentrums unregelmäßige Konturen vorliegen. Ein Kollimator, dessen Lamellenbreite von innen nach außen zunimmt, kann somit insbesondere an solche Tumore gut angepaßt werden, während diese auch größere Felder einnehmen können. Insbesondere bei dieser Ausgestaltung kann die Breitenverteilung der Lamellen gegenüber einer in der Verschieberichtung liegenden Symmetrieachse symmetrisch sein. Hierdurch kann die Ansteuerung mit ihren Betätigungslementen regelmäßig und deshalb konstruktiv unaufwendig durchgeführt werden, während eine große Einsatzbreite für die Anwendung des Kollimators erhalten bleibt.

Die Möglichkeiten zur Einstellung der Lamellenstellungen für den erfindungsgemäßen Kollimator reichen von der Verschiebung per Hand zur Anpassung an eine vorgeformte Konturennachbildung bis hin zu sehr aufwendig betriebenen Einstellungs- und Betätigungsmechanismen. Gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform sind an dem Lamellenträger Einrichtungen zum einzelnen oder satzweisen Verschieben der Lamellen angeordnet, welche durch elektrische und/oder mechanische Vorrichtungen, insbesondere durch Federn, Schubstangen oder Elektromotoren betätigt werden. Somit können die Verschiebeeinrichtungen sowie deren Betätigungsvorrichtungen mit einer Steuereinrichtung gekoppelt sein, die basierend auf gespeicherten Patientendaten, insbesondere aus Röntgenbildern, Computer- oder Kernspintomographieaufnahmen, die Betätigung und Wegeinstellung der Lamellen steuert. Eine solche z. B. mittels eines Rechners durchgeführte Steuerung gestattet mit dem erfindungsgemäßen Lamellenkollimator eine genaue Anpassung an die Bestrahlungskontur, und dies insbesondere bei der Bestrahlung aus verschiedenen Richtungen. Solche Patientendaten bzw. Konturen liegen nämlich in dreidimensionaler Form vor, so daß der Rechner den Lamellenkollimator mit guter Anpassung aus jeder Bestrahlungsrichtung an die berechnete Kontur anpassen kann.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfahrung sind die Lamellenpakete mit ihrem Träger oder gegenüber diesem drehbar angeordnet. Das Verdrehen der gesamten Anordnung, d. h. der Lamellenpakete mit Träger oder der Lamellenpakete auf dem Träger erlaubt eine weitere Steigerung in der Anpassungsfähigkeit der Bestrahlungsabgrenzung an die zu bestrahrende Kontur. Durch eine solche Verdrehung kann sichergestellt werden, daß die schmaleren Lamellen insbesondere an unregelmäßigen Stellen der Kontur zu liegen kommen, während regelmäßige Stellen durch weite Lamellen abgedeckt werden. Verbunden mit einer Sensorik, die über die Steuerung sowohl die Kontur des zu bestrahrenden Objektes als auch den Verdrehwinkel der

Lamellenanordnung erfaßt, kann eine solche Einstellung rechnergesteuert durchgeführt werden.

Während im Vorigen davon ausgegangen wurde, daß die Lamellen fest auf ihrem Träger installiert sind, ist erfindungsgemäß auch eine Ausgestaltung denkbar, bei der die Lamellen modular satzweise austauschbar vorgesehen sind. Bei einer für alle Lamellenmodule geeigneten Betätigungs- und Verschiebeeinrichtung kann hier durch die Auswahl von Sätzen geeignet breiter Lamellen eine noch umfangreichere Anpassung an die Größe bzw. die Kontur des zu bestrahrenden Objektes gewährleistet werden.

Eine eventuelle Längsstrahlung durch die Lamellenpakete hindurch kann dadurch verhindert werden, daß diese eine besondere Form erhalten. Insbesondere können erfindungsgemäß ausgestaltete Lamellen an ihren Seitenflächen ineinander verzahnt werden, während weiterhin die Möglichkeit besteht, sich der Überfokussierung zu bedienen, d. h. die Lamellenform prismenartigen bezüglich einer imaginären Strahlungsquelle leckischer auszugestalten, wobei die imaginäre Strahlungsquelle höher liegt als die bei der eigentlichen Strahlenbehandlung verwendete. Hieraus resultiert eine bessere Strahlenabsorption bei der eigentlichen Bestrahlung.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Lamellenkollimators wird zwischen zwei Lamellen eine weitere Lamelle angeordnet, die über mechanische Vorrichtungen so positioniert wird, daß ihre Stirnseite in Verschieberichtung der Lamellen stets im wesentlichen eine Mittelstellung zwischen den Stirnseiten der beiden sie umgebenden Lamellen einnimmt. Durch eine solche Anordnung kann der Betätigungs-, Steuerungs- und damit auch der Gewichtsaufwand dahingehend reduziert werden, daß nur noch jede zweite Lamelle einer Ansteuerung bedarf. Bestehen bleibt jedoch die gute Anpassung an die Konturen ohne die sonst übliche Stufenbildung.

Vorzugsweise bestehen die Lamellenpakete eines erfindungsgemäßen Lamellenkollimators aus 20 bis 32 Lamellen, insbesondere sind bei einer bevorzugten Ausführungsform 26 Lamellen vorgesehen. Beim Vorhandensein von 26 Lamellen ist es beispielsweise vorteilhaft, diese von außen nach innen symmetrisch anzurichten, so daß auf jeder Seite drei Lamellen von 4 mm Breite, drei Lamellen von 3 mm Breite und sieben von 2 mm Breite vorgesehen sind. Eine solche Anordnung kann leicht ansteuerbar mit geringem Gewicht der Gesamtvorrichtung relativ große Bestrahlungskonturen mit einer sehr guten Anpassung ausformen.

Bei sehr schmalen Lamellenpaketen, wie sie beispielsweise durch die erfindungsgemäße Anordnung aber auch dann entstehen, wenn gleich breite aber sehr schmale Lamellen verwendet werden, kann ein Problem mit einer sekundären Positionsbestimmung entstehen. Solche sekundären Positionsbestimmungen sind insbesondere bei motorgetriebenen Lamellenpaketen notwendig.

Die Antriebsmotoren, die einen Encoder aufweisen, über welchen die Lamellenposition primär zurückgemeldet werden kann, können in ungünstigen Einzelfällen auch dann Drehungen ausführen, wenn die jeweilige Lamelle aus irgendeinem Grund stillsteht, beispielsweise verhakt. Der Encoder meldet nach einem solchen "Leerdurchdrehen" eine Position die nicht mit der wirklichen Position der Lamelle übereinstimmt. Um diese Unrichtigkeit abzulegen, weisen Lamellenkollimatoren eine sekundäre Positionsbestimmung auf, bei der über mit den Lamellen verbundenen Stäben, die an ih-

rem Ende mit einzelnen Laufkontakte in Verbindung stehen, die reale Lamellenposition ermittelt wird. Diese Stäbe sowie die Laufkontakte haben eine relativ breite Anordnung nebeneinander, die aus Konstruktionsgründen vorgegeben ist.

Üblicherweise, also bei Kollimatoren mit breiten Lamellen können diese auf einfache Weise beispielsweise unmittelbar mit den geraden Stäben der Positionsbestimmungseinrichtung verbunden werden. Bei schmalen Lamellen, also bei Lamellenfeldern, die sehr viel schmäler sind als die Gesamtanordnung der Stäbe der sekundären Positionsbestimmungseinrichtung ist dies nicht möglich.

Erfahrungsgemäß wird dieses Problem durch einen Lamellenkollimator gelöst, der dadurch gekennzeichnet ist, daß die einzelnen Lamellen an ihren oberen Kanten im hinteren Bereich mit länglichen Verbindungssträngen versehen sind, die an ihrem anderen Ende an den Stäben einer sekundären Positionsbestimmungseinrichtung angreifen, wobei die Verbindungsstränge, aus der Verschieberichtung der Lamellen gesehen, nach oben im wesentlichen fächerförmig auseinanderlaufen, um die weiter als die Lamellen auseinanderstehenden Angriffspunkte der Stäbe zu erreichen.

Bei einer solchen Ausführungsform bestehen die Verbindungsstränge aus flachen Streifen, insbesondere Metallstreifen, die in einer Biegung von den Lamellenkanten bis zum Angriffspunkt an die Stäbe der Positionsbestimmungseinrichtung verlaufen und vorzugsweise im Bereich ihrer Enden gerade verlaufende Abschnitte ausbilden.

Durch die oben angeführten Lösungen kann auch bei sehr schmalen Lamellenfeldern jederzeit eine sekundäre Positionsbestimmung durchgeführt werden.

Ein weiteres Problem solcher schmaler Lamellenkollimatoren, bei denen die Lamellen in Verschieberichtung Gewindebohrungen aufweisen, in welchen sich beim Antreiben während der Verstellung Gewindestangen drehen, liegt darin, daß schmale Lamellen naturgemäß nur kleine Gewindebohrungen aufnehmen können. Darin eingebrachte Gewindestangen mit kleinem Durchmesser sind aber instabil, besonders wenn man bedenkt, daß in senkrechter Lage das Gewicht einer aus Wolfram bestehenden Lamelle auf der Gewindestange lastet und auch noch Reibungskräfte bei der Verschiebung auftreten.

Übliche Lamellen sind zwar zur Strahlungsabschirmung und Führung aneinander jeweils abgesetzt ausgestaltet; eine Möglichkeit Gewindebohrungen von größeren Durchmessern einzubringen besteht aber hierbei nicht, da die einzelnen Abschnitte der Lamellen jeweils die gleiche geringe Dicke aufweisen.

Der erfahrungsgemäße Lamellenkollimator ist zur Lösung dieses Problems dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen aus der Verschieberichtung gesehen von oben nach unten eine Querschnittsform mit Verbreiterungen zu beiden Seiten der Symmetrielinie der einzelnen Lamelle hin und ebensolche Verschmälerungen aufweisen, wobei die jeweils danebenliegenden ebenso ausgestalteten Lamellen ihre Verbreiterungen und Verschmälerungen an entsprechend längsverschobenen Stellen aufweisen, so daß sich die Lamellen gegenseitig an ihren Seitenflächen im wesentlichen flach aneinanderschmiegen. Bevorzugt sind hierbei Gewindebohrungen als Gegenstück zu einer Antriebs-Gewindestange jeweils in den verbreiterten Querschnittsbereichen der Lamellen eingebracht.

Diese absatzweise Ausgestaltung der Lamellen er-

möglicht eine gleichförmige Führung der einzelnen Lamellen aneinander, eine Strahlenabschirmung senkrecht zur Verschieberichtung sowie ein Einbringen von Gewindebohrungen mit größerem Durchmesser und damit eine Stabilitätserhöhung. Ferner können mit dieser symmetrischen Ausgestaltung versehene Lamellenpakete zu beiden Seiten des Kollimators eingesetzt werden; die Lamellen gegenüberliegender gleich ausgestalteter Pakete können nämlich nötigenfalls problemlos aneinander vorbeigleiten.

Bei oben beschriebenen Lamellenkollimatoren mit enger Lamellenanordnung stellt die Anordnung und Unterbringung der einzelnen Antriebsmotoren ein weiteres Problem dar. Elektromotoren können nur mit begrenzt kleinen Durchmessern, beispielsweise mindestens 16 mm geliefert werden. Obwohl die Motoren höhenversetzt angeordnet werden, ist es dabei nicht möglich jede Lamelle in einem schmalen Lamellenfeld über an den Motoren angebrachte Antriebsschäfte und -Gewindestangen in gerader Linie zu erreichen. Es bleibt herkömmlicherweise nur die Möglichkeit, flexible, also biegbare Gewindestangen einzusetzen. Solche Gewindestangen müssen aus Kunststoff hergestellt werden. Sie sind nachteiligerweise instabil und erzeugen einen Abrieb, der den Lauf der Lamellen stören oder anhalten kann. Eingesetzte Schmiermittel wiederum können die gesamte Anordnung bei längerem Einsatz völlig verkleben.

Auch dieses Problem wird durch einen erfahrungsgemäßen Lamellenkollimator bei dem die Verschiebung der Lamellen durch Elektromotoren erfolgt und die Elektromotoren jeweils einen Antriebsschaft und eine Antriebs-Gewindestange aufweisen, gelöst, und zwar dadurch, daß die Motoren in Verschieberichtung der Lamellen hintereinander gestaffelt angeordnet sind.

Eine solche in Längsrichtung versetzte Motorenanordnung gestattet, es jede Lamelle mit einer in gerader Linie verlaufenden Gewindestange anzutreiben. Zwischen in gleicher Längsposition angeordneten Motoren verbleibt nämlich leicht genügend Raum, um den Antriebsschaft oder die Gewindestange eines dahinter angeordneten Motors hindurchzuführen.

Beispielhafte Ausführungsformen des erfahrungsgemäßen Lamellenkollimators werden im weiteren anhand von Ausführungsformen mit Bezug auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen wesentlichen Ausschnitt einer Lamellenanordnung eines als Ausführungsbeispiel dargestellten erfahrungsgemäßen Lamellenkollimators;

Fig. 2 eine Ansicht eines Lamellenpakets eines erfahrungsgemäßen Kollimators in Verschieberichtung der Lamellen mit auf der Oberseite der Lamellen angebrachten Verbindungsstreifen, die an einer Positionsbestimmungseinrichtung angreifen; und

Fig. 3 eine Prinzipdarstellung einer erfahrungsgemäßen gestaffelten Motorenanordnung.

In Fig. 1 gezeigt sind ein linkes Lamellenpaket 1 und ein rechtes Lamellenpaket 2. Jedes Lamellenpaket weist zur einfachen Darstellung nur jeweils 16 Lamellen auf, während bei üblicherweise hergestellten erfahrungsgemäßen Kollimatoren sehr viel mehr Lamellen vorhanden sein können. Die in der Zeichnung dargestellte Anordnung der Lamellen ist zwar bezüglich ihrer Verschiebung unterschiedlich. Es ist jedoch relativ zu zwei senkrechten Achsen jeweils eine symmetrische Anzahl von Lamellen vorgesehen. Die Lamellen können je Paket zu Sätzen 3, 4 und 5 gleicher Breite zusammengefaßt werden und sind wegen der symmetrischen Bereitstel-

lung nur an einer Ecke der Zeichnung mit Bezugszeichen versehen.

Jedes Lamellenpaket 1, 2 besteht aus vier äußeren breiten Lamellen, sechs daran anschließenden mittelbreiten Lamellen und sechs inneren schmalen Lamellen, die so die äußeren Lamellensätze, die mittleren Lamellensätze 4 sowie die inneren Lamellensätze 5 bilden.

Die Lamellen sind an der rechten bzw. linken Seite der Zeichnung im Schnitt dargestellt; an den nicht gezeigten linken bzw. rechten Endstirnflächen der einzelnen Lamellen greifen ebenfalls nicht gezeigte Verstellvorrichtungen an, die über Betätigungs vorrichtung, wie zum Beispiel Elektromotoren, bewegt werden.

In der vorliegenden Darstellung sind die Lamellen zur Bestrahlung einer Tumorkontur K von links und rechts zur Mitte des Kollimators hin verschoben. Die Kontur K ist hilfsweise eingezzeichnet und schraffiert dargestellt.

Die Lamellen sind zur Strahlungsabschirmung gemäß der Kontur des Tumors so verschoben, daß der innen freibleibende Teil bestrahlt wird, während der durch die Lamellen abgeschirmte Teil strahlungsfrei bleibt. Obwohl die Lamellen einzeln verschoben werden, können sie, wie oben beschrieben, zu Lamellensätzen 3, 4 und 5 zusammengefaßt werden. Es wird ersichtlich, daß der mittlere Bereich des Tumors, der eine sehr unregelmäßige Kontur aufweist, von den im Satz 5 enthaltenen schmalen Lamellen angefahren wird. Hierdurch ist eine sehr gute Anpassung der Bestrahlungsabschirmung an diese unregelmäßige Kontur möglich; es verbleiben nur sehr kleine "Treppenstufen"-Strahlenabsätze, wodurch das vitale Gewebe sehr gut geschützt werden kann. Für die etwas weniger unregelmäßig ausfallende Kontur in äußeren Mittelbereich genügen zur ausreichenden Anpassung die mittelbreiten Lamellen des Satzes 4, während außen an den regelmäßigen Konturen des Tumors die breiteren Lamellen des Lamellensatzes 3 eine sehr gute Anpassung an die Kontur gestatten.

Insbesondere durch eine Drehung des Lamellenfeldes kann dieses in eine für den zu behandelnden Tumor am besten geeignete Stellung gebracht werden. Es wird deutlich, daß mit einer erfindungsgemäßen Breitenvariation der Lamellen mit den schmalen Lamellen eine hervorragende Anpassung an eine Kontur möglich wird, während die Bereitstellung mittelbreiter und breiter Lamellen es gestattet, Konturen mit relativ großen Dimensionen vor der Bestrahlung abzuschirmen.

Der Einsatz herkömmlicher Lamellenkollimatoren mit in der Breite gleichen Lamellen würde z. B. in dem hier dargestellten Fall mit großen Problemen behaftet sein, da beim Einsatz sehr schmaler Lamellen der Kollimator aufgrund der begrenzten Lamellenwahl klein gehalten werden müßte, so daß nicht das gesamte Feld bestrahlt werden könnte. Beim herkömmlicher Einsatz breiter Lamellen von einheitlicher Breite könnte im vorliegenden Fall zwar das gesamte Bestrahlungsfeld abgedeckt werden, jedoch würden im Bereich der unregelmäßigen Konturen große Strahlungslecks auftreten, die vitales Gewebe für schädliche Strahlung freigaben.

Der erfindungsgemäße Kollimator löst mit seinen Lamellen von unterschiedlicher Breite diese Probleme und vereinigt die Vorteile beider oben genannten Kategorien in sich, wie am dargestellten Ausführungsbeispiel klar ersichtlich wird.

Die Fig. 2 zeigt eine Ansicht eines Lamellenpakets eines erfindungsgemäßen Kollimators in Verschieberichtung der Lamellen mit auf der Oberseite der Lamellen angebrachten Verbindungsstreifen, die an einer Positionsbestimmungseinrichtung angreifen.

Beim hier dargestellten Lamellenkollimator sind die einzelnen Lamellen an ihren oberen Kanten im hinteren Bereich mit länglichen Verbindungssträngen (21) versehen, die an ihrem anderen Ende an den Stäben einer nicht dargestellten sekundären Positionsbestimmungseinrichtung, beispielsweise über die Kugelverbinder (27), angreifen, wobei die Verbindungsstränge (21) aus der Verschieberichtung der Lamellen gesehen nach oben im wesentlichen fächerförmig auseinanderlaufen, um die weiter als die Lamellen auseinanderstehenden Angriffspunkte der Stäbe zu erreichen. Die Verbindungsstränge (21) bestehen aus flachen Metallstreifen, die in einer Biegung, die senkrecht zur Zeichenebene verläuft und deshalb nicht sichtbar ist, von den Lamellenkanten bis zum Angriffspunkt an die Stäbe der Positionsbestimmungseinrichtung verlaufen und im Bereich ihrer Enden gerade verlaufende Abschnitte ausbilden. An den unteren Enden können die Metallstreifen beispielsweise an die Lamellen angelötet werden.

Weiterhin wird in Fig. 2 ersichtlich, daß die Lamellen aus der Verschieberichtung gesehen von oben nach unten eine Querschnittsform mit Verbreiterungen (23) zu beiden Seiten der Symmetrielinie der einzelnen Lamelle hin und ebensolchen Verschmalungen (22) aufweisen, wobei die jeweils danebenliegenden ebenso ausgestalteten Lamellen ihre Verbreiterungen (25) und Verschmalungen (26) an entsprechend längsverschobenen Stellen aufweisen, so daß sich die Lamellen gegenseitig an ihren Seitenflächen im wesentlichen flach aneinanderschmiegen. Gewindebohrungen (24) als Gegenstück zu einer Antriebs-Gewindestange sind jeweils in den verbreiterten Querschnittsbereichen der Lamellen eingebracht. Sie können einen verhältnismäßig großen Durchmesser aufweisen und deshalb stabile Gewindestangen aufnehmen.

Die Fig. 3 zeigt schließlich eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen gestaffelten Motorenanordnung. Bei einem Lamellenkollimator, bei dem die Verschiebung der Lamellen durch Elektromotoren (31, 34) erfolgt und die Elektromotoren jeweils einen Antriebschaft (32, 35) und eine Antriebs-Gewindestange (33, 36) aufweisen, sind in dieser Ausführung die Motoren (31, 34) in Verschieberichtung der Lamellen hintereinander gestaffelt angeordnet. Die Staffelung wird je nach Motorenanzahl zwei, oder wie dargestellt, dreistufig ausfallen. Sie kann natürlich auch noch mehr Stufen in Längsrichtung aufweisen. Meist sind die Motoren auch höhenversetzt, also in Richtung senkrecht zur Zeichenebene gestaffelt.

Ersichtlich wird in der Prinzipdarstellung der Fig. 3, daß bei einer solchen Anordnung der Schaft (32) oder die Gewindestange (33) problemlos zwischen den beiden davor liegenden Motoren hindurchgeführt werden können, und damit ein geradliniger Antrieb der Lamellen ermöglicht wird.

#### Patentansprüche

1. Lamellenkollimator für die Strahlentherapie mit
  - a) zwei gegenüberliegenden Paketen (1, 2) von einzeln verschiebbaren Lamellen und
  - b) einer Einrichtung zum Tragen der Lamellen, dadurch gekennzeichnet, daß
    - c) die Breite der nebeneinander liegenden Lamellen senkrecht zur Verschieberichtung variiert.
2. Lamellenkollimator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite von Sätzen (3, 4, 5)

mehrerer nebeneinander liegender Lamellen gleich ist.

3. Lamellenkollimator nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Lamellen im Kollimator von innen nach außen zunimmt. 5

4. Lamellenkollimator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Breitenverteilung der Lamellen gegenüber einer in der Verschieberichtung liegenden Symmetrieachse symmetrisch ist. 10

5. Lamellenkollimator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Lamellenträger Einrichtungen zum einzelnen oder satzweise Verschieben der Lamellen angeordnet sind, welche durch elektrische und/oder mechanische Vorrichtungen, insbesondere durch Federn, Schubstangen oder Elektromotoren, betätigt werden. 15

6. Lamellenkollimator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebeeinrichtungen mit einer Steuereinrichtung gekoppelt sind, die basierend auf gespeicherten Patientendaten, insbesondere aus Röntgenbildern, Computer- oder Kernspintomographieaufnahmen, die Betätigung und Wegeinstellung der Lamellen steuert. 20

7. Lamellenkollimator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellenpakete (1, 2) mit ihrem Träger oder gegenüber diesem drehbar angeordnet sind. 25

8. Lamellenkollimator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen satzweise modulartig austauschbar sind. 30

9. Lamellenkollimator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen insbesondere durch Überfokussierung oder durch gegenseitige Verzahnung leckstrahlungssicher ausgestaltet sind. 35

10. Lamellenkollimator der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zwei Lamellen eine weitere Lamelle angeordnet ist, die über mechanische Vorrichtungen so positioniert wird, daß ihre Stirnseite in Verschieberichtung der Lamellen stets im wesentlichen eine Mittelstellung zwischen den Stirnseiten der beiden sie umgebenden Lamellen einnimmt. 40

11. Lamellenkollimator nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellenpakete (1, 2) aus 20 bis 32, vorzugsweise 26 Lamellen bestehen. 45

12. Lamellenkollimator nach Anspruch 11 mit 26 Lamellen je Paket (1, 2), dadurch gekennzeichnet, daß symmetrisch von außen nach innen auf jeder Seite 50

3 Lamellen von 4 mm Breite,

3 Lamellen von 3 mm Breite und

7 Lamellen von 2 mm Breite

55

vorgesehen sind.

13. Lamellenkollimator, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Lamellen an ihren oberen Kanten im hinteren Bereich mit länglichen Verbindungssträngen (21) versehen sind, die an ihrem anderen Ende an den Stäben einer sekundären Positionsbestimmungseinrichtung angreifen, wobei die Verbindungsstränge (21) aus der Verschieberichtung der Lamellen gesehen nach oben im wesentlichen fä-

cherförmig ineinanderlaufen, um die weiter als die Lamellen auseinanderstehenden Angriffspunkte der Stäbe zu erreichen.

14. Lamellenkollimator nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsstränge aus flachen Streifen, insbesondere Metallstreifen, bestehen, die in einer Biegung von den Lamellenkanten bis zum Angriffspunkt an die Stäbe der Positionsbestimmungseinrichtung verlaufen und vorzugsweise im Bereich ihrer Enden gerade verlaufende Abschnitte ausbilden.

15. Lamellenkollimator, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen aus der Verschieberichtung gesehen von oben nach unten eine Querschnittsform mit Verbreiterungen (23) zu beiden Seiten der Symmetrielinie der einzelnen Lamelle hin und ebensolchen Verschmälerungen (22) aufweisen, wobei die jeweils danebenliegenden ebenso ausgestalteten Lamellen ihre Verbreiterungen (25) und Verschmälerungen (26) an entsprechend längsverschobenen Stellen aufweisen, so daß sich die Lamellen gegenseitig an ihren Seitenflächen im wesentlichen flach aneinanderschmiegen.

16. Lamellenkollimator nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß Gewindebohrungen (24) als Gegenstück zu einer Antriebs-Gewindestange jeweils in den verbreiterten Querschnittsbereichen der Lamellen eingebracht sind.

17. Lamellenkollimator, insbesondere nach einem der Ansprüche 5 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Verschiebung der Lamellen durch Elektromotoren (31, 34) erfolgt und
- die Elektromotoren (31, 34) jeweils einen Antriebsschaft (32, 35) und eine Antriebs-Gewindestange (33, 36) aufweisen, wobei
- die Motoren (31, 34) in Verschieberichtung der Lamellen hintereinander gestaffelt angeordnet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

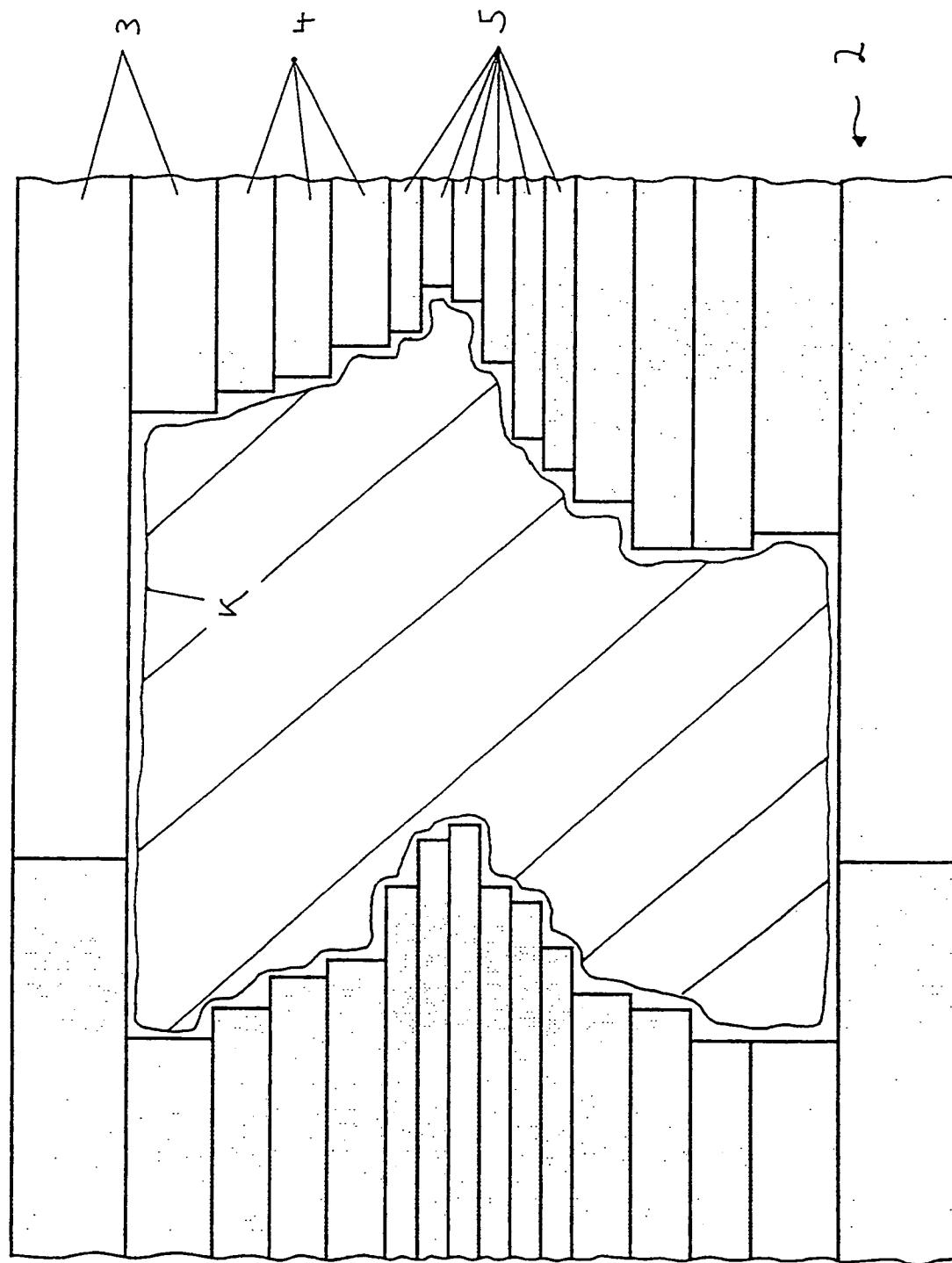


Fig. 1

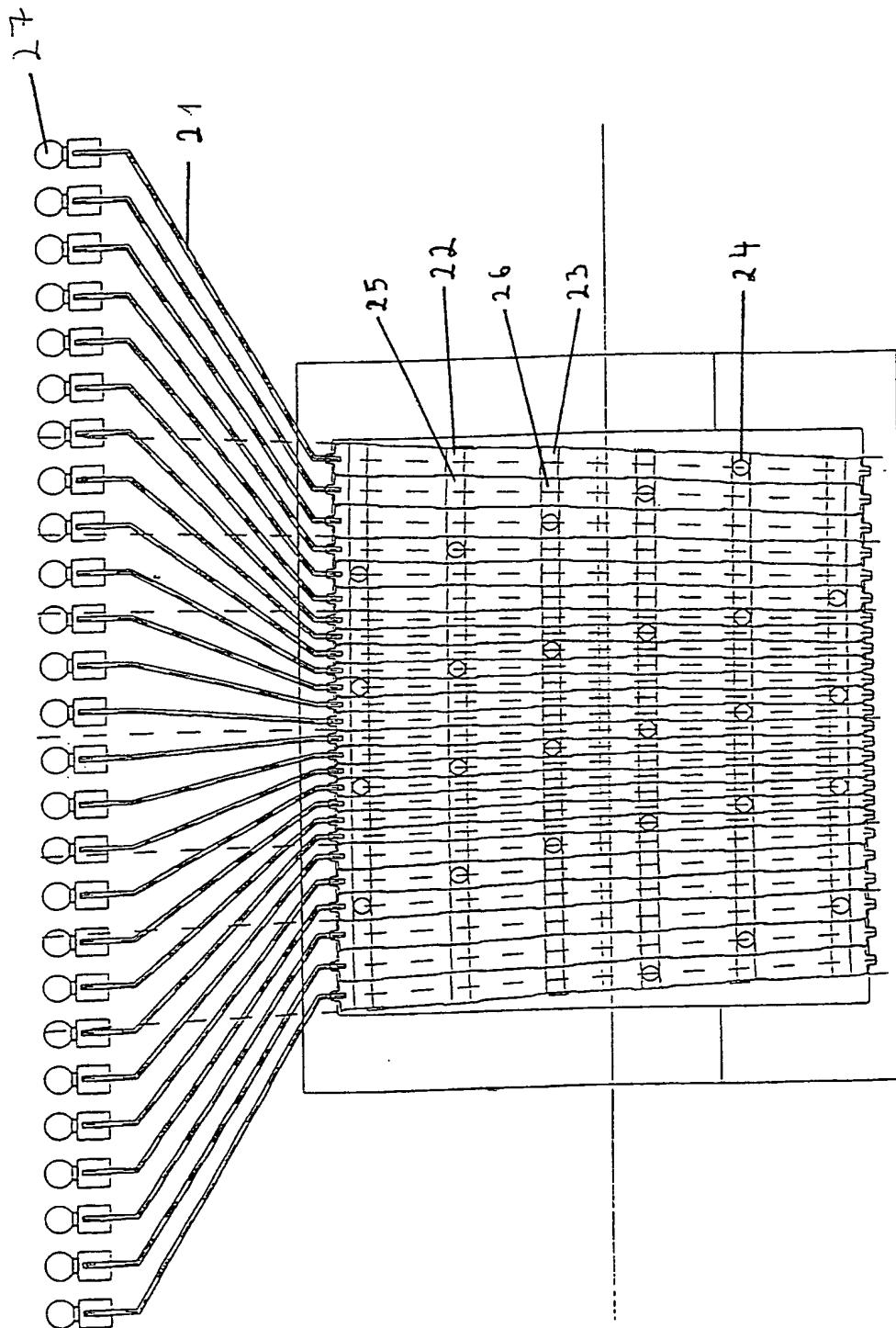


Fig 2

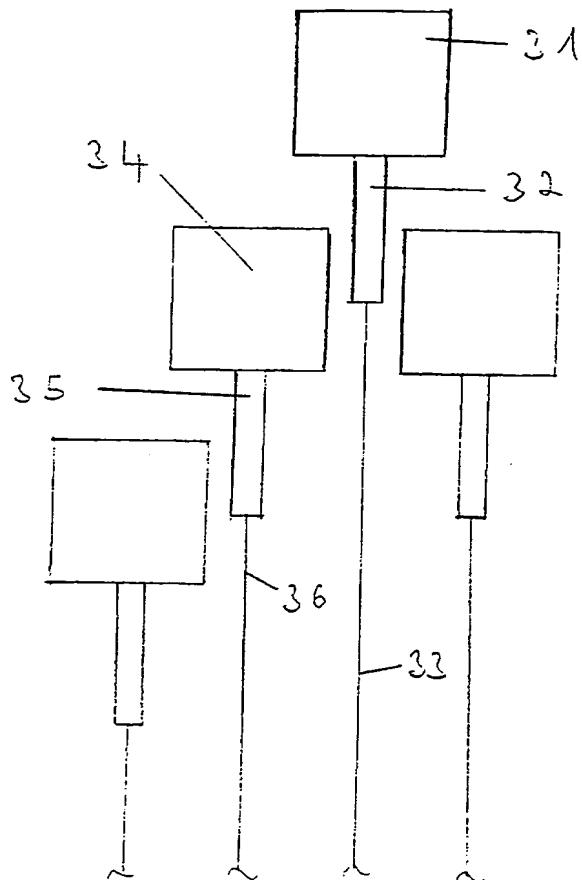


Fig. 3